

Serial No. 09/458,294
Docket No. 854063.582



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

99830568.4

RECEIVED
JUN 26 2001
TC 2800 MAIL ROOM

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE,
LA HAYE, LE

04/10/00



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:
Application no.: 99830568.4
Demande n°:

Anmeldetag:
Date of filing: 10/09/99
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
STMicroelectronics S.r.l.
20041 Agrate Brianza (Milano)
ITALY

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:

Method for compensating the position offset of a capacitive inertial sensor, and capacitive inertial sensor

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

G01P15/125, G01P15/13, G01C19/56

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

See for original title of the application page 1 of the description

- 1 -

METODO DI COMPENSAZIONE DELL'OFFSET DI POSIZIONE DI UN
SENSORE INERZIALE CAPACITIVO E RELATIVO SENSORE INERZIA-
LE CAPACITIVO

5 La presente invenzione è relativa ad un metodo di
compensazione dell'offset di posizione di un sensore
inerziale capacitivo e relativo sensore inerziale capa-
citivo.

10 Come è noto, grazie alle loro ridotte dimensioni,
alle loro eccellenti caratteristiche tecniche, alla loro
elevata affidabilità ed ai loro costi ridotti, i sensori
inerziali capacitivi integrati realizzati con la tecnica
del micromachining stanno progressivamente conquistando
15 segmenti di mercato occupati fino ad ora dai sensori
inerziali convenzionali. Una delle principali applica-
zioni dei sensori inerziali suddetti è nel campo dei si-
stemi airbag per autoveicoli come misuratori della dece-
lerazione a cui l'autoveicolo è soggetto a seguito
all'impatto.

20 Nella figura 1 è a titolo di esempio mostrata la
struttura di un sensore inerziale rotativo integrato di
tipo noto.

 Il sensore inerziale, indicato nel suo insieme con
1, è realizzato di materiale semiconduttore, presenta
25 una struttura circolare e comprende uno statore 2 inter-

- 2 -

no, solidale al "die" 3 in cui è realizzato il sensore inerziale 1 stesso, ed un rotore 4 esterno elettrostaticamente accoppiato allo statore 2.

Il rotore 4 comprende una massa sospesa 6 di forma anulare, una pluralità di bracci mobili 8 estendentisi radialmente verso lo statore 2 a partire dalla massa sospesa 6 stessa e fra loro identici ed angolarmente equidistanti; ed elementi di sospensione elastica e ancoraggio 10 (mostrati schematicamente come molle) colleganti elasticamente la massa sospesa 6 a regioni di ancoraggio e polarizzazione fisse 12, attraverso le quali la massa sospesa 6 ed i bracci mobili 8 vengono polarizzati (tipicamente ad un potenziale di 1,5 V).

Lo statore 2 comprende una pluralità di coppie di bracci fissi 14, 16, una per ciascun braccio mobile 8 del rotore 4, i quali si estendono radialmente rispetto alla massa sospesa 6 verso la massa sospesa 6 stessa, sono disposti in modo tale che fra ciascuna coppia di bracci fissi 14, 16 sia disposto un relativo braccio mobile 14 del rotore 4 e sono collegati a rispettive regioni di ancoraggio e di polarizzazione fisse 18, 20, attraverso le quali i bracci fissi 14, 14 vengono polarizzati (tipicamente ad un potenziale variabile fra 1,5 e 2,2 V).

I bracci fissi 14, 16 sono collegati, attraverso le

- 3 -

regioni di ancoraggio e polarizzazione fisse 18, 20, ad un circuito di misura avente lo scopo di misurare l'accelerazione o la decelerazione a cui il sensore inerziale 1 è sottoposto.

5 In particolare, il sensore inerziale 1 è modellizzabile elettricamente come mostrato nella figura 2, ossia mediante due elementi capacitivi 21, 22 collegati in serie fra loro, in cui le due armature esterne sono definite dai bracci fissi 14 e, rispettivamente, 16 dello
10 statore 2 e le due armature interne sono definite dai bracci mobili 8 del rotore 4 e, anche se mostrate separate, sono in realtà formate da un'unica armatura.

Il movimento rotatorio del rotore 4 determina una modulazione in opposizione di fase delle capacità sud-
15 dette, le quali dovrebbero assumere, in assenza di accelerazione o decelerazione applicata al sensore inerziale 1, valori uguali fra loro. Pertanto, attraverso una loro misura è possibile rilevare la grandezza inerziale incognita, ossia l'accelerazione o la decelerazione a cui il
20 sensore inerziale 1 è sottoposto.

È altresì noto, però, che a causa della non perfetta configurazione degli elementi di sospensione elastica e ancoraggio 10 e dello stress meccanico residuo del materiale in cui il sensore inerziale 1 è realizzato, il
25 rotore 4 è generalmente affetto da un offset di posizio-

- 4 -

ne, ossia la posizione di zero effettiva del rotore 4 non coincide con la posizione di zero nominale prevista in fase di progetto.

L'offset di posizione dà pertanto origine ad un
5 corrispondente offset capacitivo, definito come la differenza fra le capacità degli elementi capacitivi 21, 22 in assenza di accelerazione o di decelerazione, che incide negativamente sulle prestazioni complessive del sistema costituito dal sensore inerziale 1 e dalla relativa
10 circuiteria di pilotaggio e di misura.

Una tecnica nota utilizzata per la compensazione del suddetto offset capacitivo prevede l'utilizzo, all'interno del circuito di misura, di condensatori di compensazione di tipo regolabile, i quali risultano collegati in parallelo agli elementi capacitivi 21, 22 ed
15 hanno lo scopo di compensare le differenze che, in assenza di accelerazione o decelerazione, le capacità di tali elementi capacitivi 21, 22 presentano rispetto ai valori nominali che dovrebbero assumere in assenza di
20 offset di posizione. In questo modo, quindi, anche in presenza di un offset capacitivo, le capacità equivalenti misurate dal circuito di misura in condizioni statiche, ossia in assenza di accelerazione o decelerazione, assumono nuovamente valori uguali fra loro.

25 Questa tecnica presenta tuttavia l'inconveniente di

- 5 -

effettuare la compensazione dell'offset capacitivo soltanto in condizioni statiche, ossia in assenza di accelerazione o di decelerazione applicate al sensore inerziale, ma non in condizioni dinamiche, ossia in presenza
5 di una accelerazione o di una decelerazione applicata al sensore inerziale, e ciò tipicamente è causa di errori nella misurazione della grandezza inerziale incognita.

Infatti, dopo la compensazione effettuata nel modo suddetto, il rotore 4 continua comunque ad assumere una
10 posizione di zero che non è quella nominale e la presenza di un offset di posizione fa sì che l'applicazione di una accelerazione o di una decelerazione al sensore inerziale 1 non determini le modulazioni in opposizione di fase delle capacità degli elementi capacitivi 21, 22
15 che si hanno in assenza di offset di posizione ma provochi variazioni asimmetriche di tali capacità e dipendenti sia dal verso di rotazione del rotore 4 sia dall'entità dell'offset di posizione, le quali determinano di conseguenza errori di misurazione.

20 Scopo della presente invenzione è quello di realizzare un metodo di compensazione dell'offset ed un sensore inerziale capacitivo che siano esenti dagli inconvenienti della tecnica nota.

Secondo la presente invenzione viene realizzato un
25 sensore inerziale, come definito nella rivendicazione 1

- 6 -

e viene fornito un metodo di compensazione dell'offset di posizione di un sensore inerziale, come descritto nella rivendicazione 13.

Per una migliore comprensione della presente inven-
5 zione vengono ora descritte due forme di realizzazione preferite, a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 mostra schematicamente la struttura di un sensore inerziale capacitivo rotativo noto;

10 - la figura 2 mostra uno schema elettrico equivalente del sensore inerziale di figura 1;

- la figura 3 mostra schematicamente la struttura di un sensore inerziale capacitivo rotativo secondo la presente invenzione;

15 - la figura 4 mostra in modo schematico un circuito di controllo del sensore inerziale di figura 3; e

- la figura 5 mostra schematicamente la struttura di un sensore inerziale capacitivo lineare secondo la presente invenzione.

20 Nella figura 3 è indicato nel suo insieme con 1' un sensore inerziale realizzato secondo la presente invenzione, in cui parti identiche a quelle del sensore inerziale capacitivo 1 di figura 1 sono indicate con gli stessi numeri di riferimento.

25 Il sensore inerziale 1' presenta una struttura si-

- 7 -

mile a quella del sensore inerziale 1 e differisce da questa per il fatto di comprendere, inoltre, un microattuatore 24 di tipo integrato realizzato di materiale semiconduttore, accoppiato al rotore 4 ed avente lo scopo di ruotare il rotore 4 stesso di una quantità pari all'offset di posizione per riportarlo nella posizione di zero nominale.

In particolare, il microattuatore 24 comprende quattro gruppi attuatori 26 distinti, ciascuno dei quali è disposto in un rispettivo quadrante del sensore inerziale 1' ed è formato da una pluralità di elementi attuatori 28, nell'esempio illustrato in figura 3 in numero di quattro, fra loro identici ed angolarmente equidistanti.

In dettaglio, ciascuno elemento attuatore 28 comprende un braccio mobile 30 solidale alla massa sospesa 6 del rotore 4 (e pertanto polarizzato allo stesso potenziale della massa sospesa 6), estendentisi radialmente verso l'esterno a partire dalla massa sospesa 6 stessa e portante una pluralità di elettrodi mobili 32 estendentisi da entrambi i lati del rispettivo braccio mobile 30 in una direzione sostanzialmente circonferenziale e disposti paralleli fra loro ed in posizione equidistante lungo il rispettivo braccio mobile 30 stesso.

- 8 -

Ciascun elemento attuatore 28 comprende inoltre una coppia di bracci fissi 34, 36 estendentisi radialmente rispetto alla massa sospesa 6, disposti da parti opposte del, ed affacciati al, relativo braccio mobile 30, collegati a rispettive regioni di ancoraggio e di polarizzazione fisse 38, 40, attraverso le quali la i bracci fissi 34, 36 vengono polarizzati (tipicamente ad un potenziale variabile fra 1,5 e 5 V) e portanti, ciascuno, una pluralità di elettrodi fissi 42, 43 estendentisi in una direzione sostanzialmente circonferenziale verso il relativo braccio mobile 30 ed interdigitati agli elettrodi mobili 32 del braccio mobile 30 stesso secondo la configurazione "comb finger".

Inoltre, gli elementi attuatori 28 sono definiti sulla fetta di silicio assieme alla massa sospesa 6 del rotore 4 e pertanto non richiedono fasi di fabbricazione aggiuntive rispetto a quelle già previste per la fabbricazione del sensore inerziale 1' stesso.

I bracci fissi 34, 36 degli elementi attuatori 28 sono collegati, attraverso le regioni di ancoraggio e polarizzazione fisse 38, 40, ad un circuito di pilotaggio 44, mostrato nella figura 4 e descritto in dettaglio nel seguito, avente lo scopo di applicare una tensione di polarizzazione ad uno o all'altro dei due bracci fissi 34, 36 di ciascun elemento attuatore 28 in modo tale

- 9 -

che la differenza di potenziale fra il braccio fisso 34, 36 così polarizzato ed il relativo braccio mobile 30 determini una rotazione del rotore 4 in un verso o nell'altro sufficiente da riportare il rotore 4 nella
5 posizione di zero nominale.

In particolare, per effetto dell'accoppiamento elettrostatico esistente fra ciascun braccio mobile 30 ed i relativi bracci fissi 34, 36, il rotore 4 è sottoposto ad una forza trasversale proporzionale al numero
10 di coppie di bracci fissi e bracci mobili 30, 34, 36; tale forza tende ad allontanare il braccio mobile 30 dal braccio fisso 34, 36 rispetto al quale presenta una differenza di potenziale minore e ad avvicinare il braccio mobile 30 al braccio fisso 34, 36 rispetto al quale pre-
15 senta una differenza di potenziale maggiore, provocando così la rotazione della massa sospesa 6.

La presenza di elettrodi 32, 42, 43 interdigitati fra loro fa sì che la forza necessaria per riportare il rotore 4 dalla posizione di zero effettiva alla posizio-
20 ne di zero nominale sia del tutto indipendente dall'entità dello scostamento rispetto alla posizione di zero nominale stessa.

Inoltre, il microattuatore 24 non interferisce con il funzionamento del sensore inerziale 1' in quanto non
25 è presente il fenomeno noto con il termine di

-10-

"electrostatic softening", cioè non modifica la rigidità meccanica del sistema. Inoltre, non vi è alcuna interferenza fra le capacità definite dai bracci fissi 34, 36 e dai relativi bracci mobili 30 degli elementi attuatori 28 e le capacità definite dai bracci fissi 14, 16 e dai relativi bracci mobili 8 dello statore 2 e del rotore 4.

Nella figura 4 è illustrata schematicamente la struttura circuitale del circuito di pilotaggio 44 degli elementi attuatori 28.

Il circuito di pilotaggio 44 comprende uno stadio preamplificatore differenziale 46 avente un primo ed un secondo ingresso collegati ai bracci fissi 14 e, rispettivamente, ai bracci fissi 16 dello statore 2, un terzo ingresso collegato ai bracci mobili 8 del rotore 4 ed una prima ed una seconda uscita sulle quali fornisce un primo e, rispettivamente, un secondo segnale indicativi del valore delle capacità degli elementi capacitivi 21, 22 citati precedentemente e definiti dai bracci fissi 14, 16 rispetto ai bracci mobili 8; uno stadio amplificatore 48 avente un primo ed un secondo ingresso collegati alle uscite dello stadio preamplificatore 46 ed una uscita sulla quale fornisce un terzo segnale indicativo dello sbilanciamento, ossia della differenza, fra le suddette capacità; ed una rete di filtraggio 50 di tipo passa-basso del primo ordine formata da un resistore 52

-11-

e da un condensatore 54 disposti in serie fra loro e presentante un nodo di uscita (nodo intermedio fra il resistore 50 ed il condensatore 54) sul quale è presente un quarto segnale pari al valor medio del terzo segnale ed avente pertanto una ampiezza proporzionale all'offset di posizione.

Il circuito di pilotaggio 44 comprende inoltre uno stadio di elaborazione 56 avente un ingresso collegato all'uscita della rete di filtraggio 50 e fornente su una uscita una parola di correzione digitale di n bit, ad esempio con $n=6$, indicativa del potenziale di compensazione da applicare ai bracci fissi 34, 36 degli elementi attuatori 28 per compensare l'offset di posizione del rotore 4, la quale viene memorizzata in un registro di controllo 58 collegato all'uscita dello stadio di elaborazione 56.

In particolare, la parola di correzione viene generata implementando un semplice algoritmo di calcolo che effettua la differenza fra l'ampiezza del quarto segnale, che è proporzionale all'offset di posizione del rotore 4, ed una ampiezza di riferimento indicativa dell'ampiezza che assumerebbe il quarto segnale in assenza di offset di posizione e converte la differenza così ottenuta nella parola di correzione digitale.

Inoltre, il blocco di elaborazione 56 potrebbe al-

-12-

ternativamente essere un blocco esterno al circuito di pilotaggio e far parte della macchina che effettua l'operazione di test sul sensore inerziale 1' ed in questa condizione la compensazione dell'offset di pozione
5 verrebbe effettuata una volta soltanto durante la fase di test, oppure essere un blocco interno al circuito di pilotaggio 44 ed in questa condizione la compensazione dell'offset di posizione potrebbe essere effettuata costantemente, potendo così compensare anche eventuali de-
10 rive nel tempo dell'offset di posizione.

Il circuito di pilotaggio 44 comprende inoltre uno stadio convertitore digitale/analogico 60 avente n ingressi collegati alle uscite del registro di controllo 58 ed una uscita sulla quale fornisce il potenziale di
15 compensazione da applicare ai bracci fissi 34, 36 degli elementi attuatori 28; ed uno stadio di collegamento 62 interposto fra l'uscita dello stadio convertitore digitale/analogico 60 ed i bracci fissi 34, 36 degli elementi attuatori 28 ed avente lo scopo di collegare in modo
20 selettivo i bracci fissi 34, 36 che devono essere polarizzati all'uscita dello stadio convertitore digitale/analogico 60.

In particolare, nella figura 4 è mostrata soltanto una parte dello stadio di collegamento 62 relativa ad un
25 solo elemento attuatore 28 e, secondo quanto illustrato,

-13-

per ciascuna coppia di bracci fissi 34, 36 da polarizzare, lo stadio di collegamento 62 comprende due coppie di interruttori controllati T1, T2, T3, T4, ad esempio realizzati mediante transistori MOS.

5 In particolare, gli interruttori T3 e T4 sono collegati fra l'uscita dello stadio convertitore digitale/analogico 60 e i relativi bracci fissi 34, 36 e sono comandati in controfase in modo da collegare l'uscita dello stadio convertitore digitale/analogico 60 ad uno
10 solo dei due bracci fissi 34, 36, mentre gli interruttori T1 e T2 sono collegati fra il terzo terminale dello stadio preamplificatore 8 ed i bracci fissi 34, 36 stessi e sono anch'essi comandati in controfase in modo da polarizzare il braccio fisso 34, 36 che è non collegato
15 all'uscita dello stadio convertitore digitale/analogico 60 allo stesso potenziale a cui sono polarizzati i bracci mobili 14, 16 del rotore 4.

Alle uscite dello stadio preamplificatore 46 sono inoltre collegati un primo ed un secondo ingresso di uno
20 stadio di preelaborazione 64 avente lo scopo di elaborare, in normali condizioni di funzionamento, il primo ed il secondo segnale fornito dallo stadio preamplificatore 46 stesso, in modo noto e quindi non descritto in dettaglio, per fornire informazioni relative
25 all'accelerazione o alla decelerazione a cui è sottopo-

-14-

sto il sensore inerziale 1'.

I vantaggi del sensore inerziale 1' secondo la presente invenzione sono evidenti da quanto sopra descritto.

5 In particolare, si sottolinea il fatto che la realizzazione del microattuatore 24 dedicato alla movimentazione del rotore 4 per riportarlo nella posizione di zero nominale non richiede fasi aggiuntive nel processo di fabbricazione del sensore inerziale 1' e non interferisce in alcun modo con il funzionamento del sensore
10 inerziale 1' stesso.

Risulta infine chiaro che al sensore inerziale 1' qui descritto ed illustrato possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito
15 protettivo della presente invenzione.

Ad esempio, il numero di gruppi attuatori 26 ed il numero di elementi attuatori 28 in ciascun gruppo attuatore 26 potrebbero essere differenti da quanto descritto. In particolare potrebbe essere previsto anche un
20 unico elemento attuatore 28 collegato alla massa sospesa 6, oppure quattro elementi attuatori 28 disposti, ciascuno, in un rispettivo quadrante, oppure due elementi attuatori 28 disposti da parti diametralmente opposte della massa sospesa 6, oppure due gruppi attuatori 26
25 disposti da parti diametralmente opposte della massa so-

-15-

spesa 6.

Inoltre, il sensore inerziale 1' potrebbe essere di tipo lineare, come mostrato in figura 5, nel quale le varie parti del sensore inerziale sono indicate con gli stessi numeri di riferimento utilizzati in figura 3. In questo caso, il microattuatore 24 è pilotato in modo da imprimere alla massa mobile 4 un movimento traslatorio rispetto allo statore lungo una direzione Y e gli elettrodi mobili e fissi 32, 42, 43 sono paralleli alla direzione Y.

- 1 -

RIVENDICAZIONI

1. Sensore inerziale (1') di materiale semiconduttore comprendente un elemento statorico (2) ed un elemento rotorico (4) accoppiati elettrostaticamente; caratterizzato dal fatto di comprendere mezzi attuatori (24) di materiale semiconduttore accoppiati a detto elemento rotorico (4) e comandati per compensare l'offset di posizione dell'elemento rotorico (4) stesso.

2. Sensore inerziale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti mezzi attuatori (24) comprendono almeno un elemento attuatore (28) comprendente un primo braccio mobile (30) estendentesi da detto elemento rotorico (4) ed almeno un primo braccio fisso (34, 36) affacciato a detto primo braccio mobile (30).

3. Sensore inerziale secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detto primo braccio mobile (30) è provvisto di una pluralità di elettrodi mobili (32) estendentisi trasversalmente al primo braccio mobile (30) stesso verso detto primo braccio fisso (34, 36); e dal fatto che detto primo braccio fisso (34, 36) è provvisto di una pluralità di elettrodi fissi (42, 43) estendentisi trasversalmente al primo braccio fisso (34, 36) stesso verso detto primo braccio mobile (30).

4. Sensore inerziale secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detti elettrodi mobili (32)

- 2 -

sono disposti paralleli fra loro lungo detto primo braccio mobile (30) e che detti elettrodi fissi (42, 43) sono disposti paralleli fra loro lungo detto primo braccio fisso (34, 36) e sono interdigitati a detti elettrodi mobili (32).

5. Sensore inerziale secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 2 a 4, caratterizzato dal fatto che detto elemento attuatore (28) comprende una coppia di detti primi bracci fissi (34, 36) disposti da parti opposte di detto primo braccio mobile (30).

6. Sensore inerziale secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 2 a 5, caratterizzato dal fatto che detti mezzi attuatori (24) comprendono una pluralità di detti elementi attuatori (28).

7. Sensore inerziale secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detto elemento rotorico (4) presenta una struttura circolare e dal fatto che detti mezzi attuatori (24) comprendono almeno una coppia di detti elementi attuatori (28) disposti da parti diametralmente opposte di detto elemento rotorico (4).

8. Sensore inerziale secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che detti mezzi attuatori (24) comprendono due gruppi attuatori (26) formati, ciascuno, da almeno due detti elementi attuatori (28) e disposti da parti diametralmente opposte di detto elemento roto-

- 3 -

rico (4).

9. Sensore inerziale secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detto elemento rotorico (4) presenta una struttura circolare e dal fatto che detti
5 mezzi attuatori (24) comprendono quattro detti elementi attuatori (28) disposti, ciascuno, in un rispettivo quadrante di detto elemento rotorico (4).

10. Sensore inerziale secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che detti mezzi attuatori (24)
10 comprendono quattro gruppi attuatori (26) formati, ciascuno, da almeno due detti elementi attuatori (28) e disposti, ciascuno, in un rispettivo quadrante di detto elemento rotorico (4).

11. Sensore inerziale secondo una qualsiasi delle
15 rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto elemento rotorico (4) comprende una massa sospesa (6) ed una pluralità di secondi bracci mobili (8) estendentesi da detta massa sospesa (6) e dal fatto che detto elemento statorico (2) comprende una pluralità di secon-
20 di bracci fissi (14, 16) affacciati, ciascuno, ad un rispettivo detto secondo braccio mobile (8).

12. Sensore inerziale secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che detto elemento statorico (2) comprende inoltre una pluralità di terzi bracci fissi
25 (14, 16) affacciati, ciascuno, ad un rispettivo detto

- 4 -

secondo braccio mobile (8), ciascun secondo braccio mobile (8) essendo interposto fra un relativo detto secondo braccio fisso (14, 16) ed un relativo detto terzo braccio fisso (14, 16).

5 13. Metodo di compensazione dell'offset di posizione di un sensore inerziale (1') di materiale semiconduttore comprendente un elemento statorico (2) ed un elemento rotorico (4) accoppiati elettrostaticamente; caratterizzato dal fatto di comprendere la fase di movimento detto elemento rotorico (4) per compensarne l'offset di posizione.

10 14. Metodo secondo la rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che detta fase di movimentare comprende la fase di pilotare almeno un elemento attuatore (28) di materiale semiconduttore accoppiato a detto elemento rotorico (4).

15 15. Metodo secondo la rivendicazione 14, per un elemento attuatore comprendente un braccio mobile (30) estendentesi da detto elemento rotorico (4) ed almeno un braccio fisso (34, 36) affacciato a detto secondo braccio mobile (30), caratterizzato dal fatto che detta fase di pilotare comprende la fase di applicare una differenza di potenziale fra detto braccio mobile (30) e detto braccio fisso (34, 36).

20 16. Metodo secondo la rivendicazione 15, caratter-

- 5 -

rizzato dal fatto che detta fase di applicare una differenza di potenziale comprende le fasi di generare un segnale di sbilanciamento correlato all'offset di posizione di detto elemento rotorico (4) e generare detta differenza di potenziale in funzione di detto segnale di sbilanciamento.

17. Metodo secondo la rivendicazione 16, caratterizzato dal fatto che detta fase di generare detta differenza di potenziale di compensazione comprende le fasi di effettuare una differenza fra detto segnale di sbilanciamento ed un segnale di riferimento e generare detta differenza di potenziale in funzione di detta differenza.

18. Metodo secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che detta fase di generare detta differenza di potenziale comprende le fasi di generare una parola di correzione digitale in funzione di detta differenza fra detto segnale di sbilanciamento ed un segnale di riferimento ed effettuare una conversione digitale/analogico di detta parola di correzione digitale.

- 1 -

RIASSUNTO

Il sensore inerziale (1') comprende uno statore (2) ed un rotore (4) realizzati di materiale semiconduttore ed accoppiati elettrostaticamente fra loro, ed un microat-
5 tuatore (24) realizzato anch'esso di materiale semiconduttore, accoppiato al rotore (4) e comandato in modo da movimentare il rotore (4) stesso e compensarne così l'offset di posizione.

Figura 3

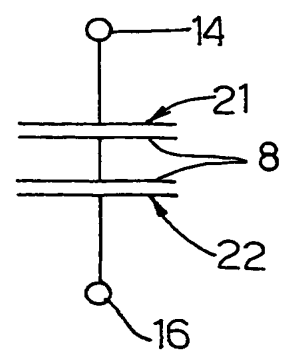
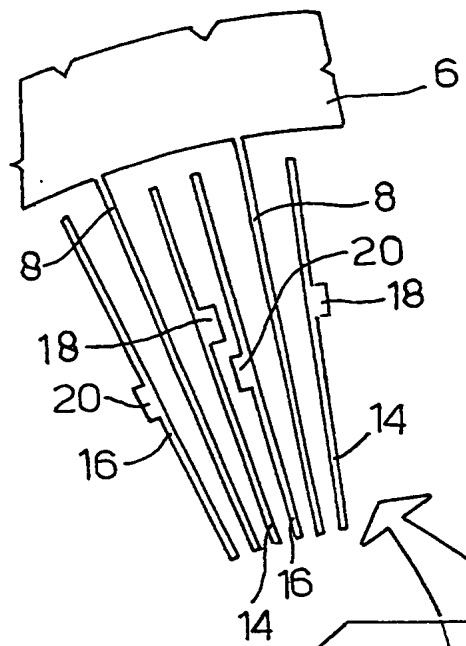


Fig.2

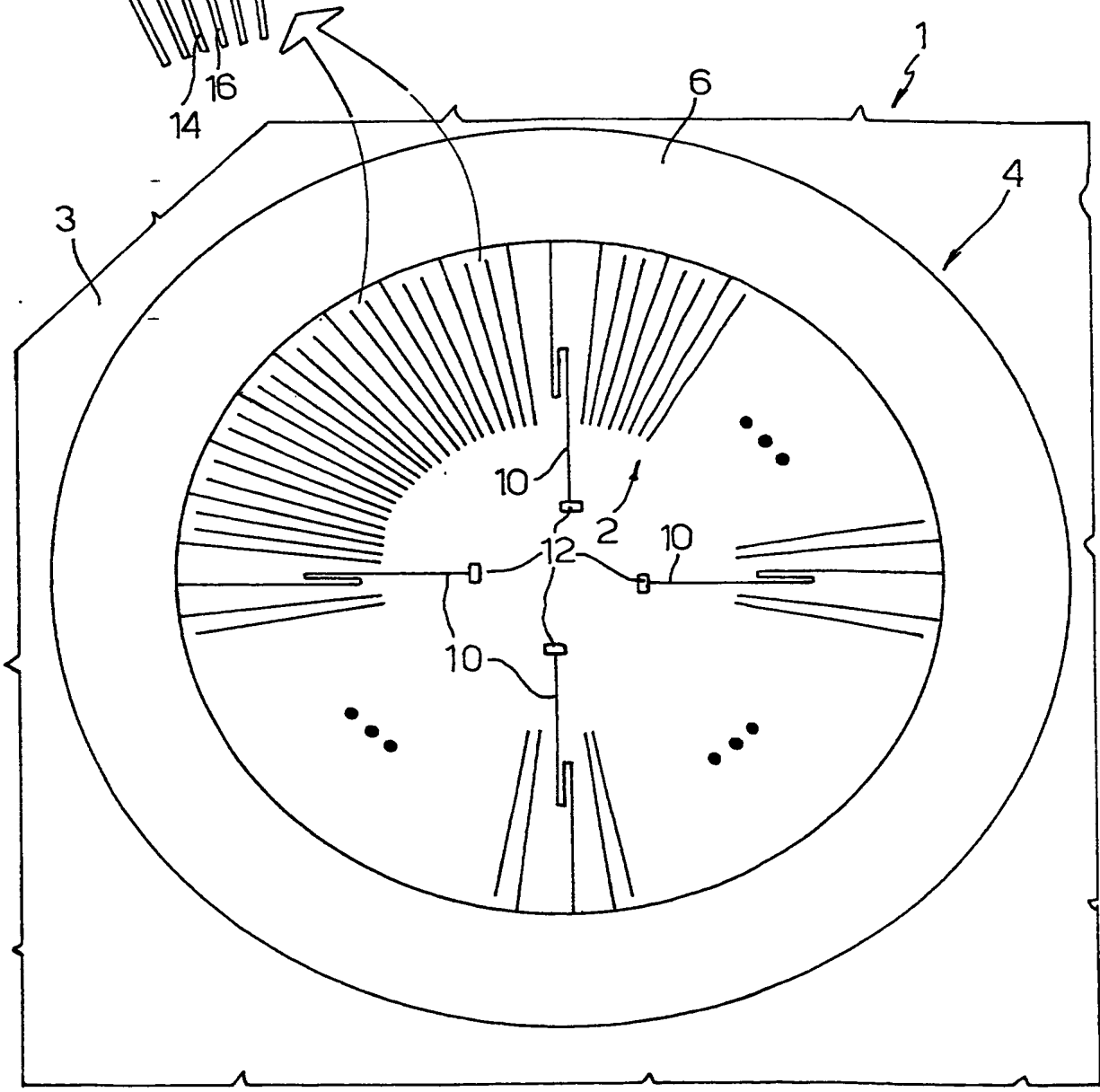


Fig.1



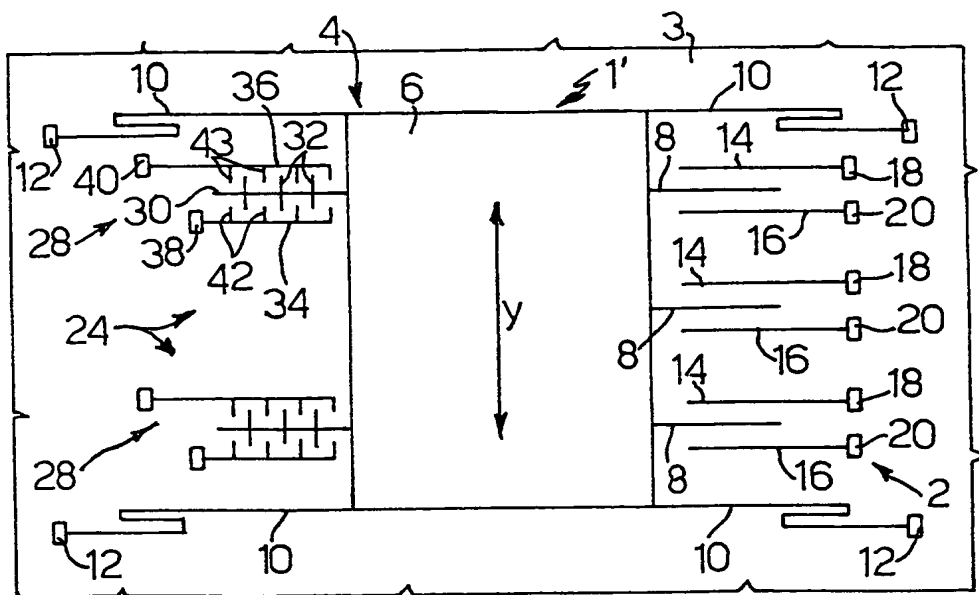


Fig. 5

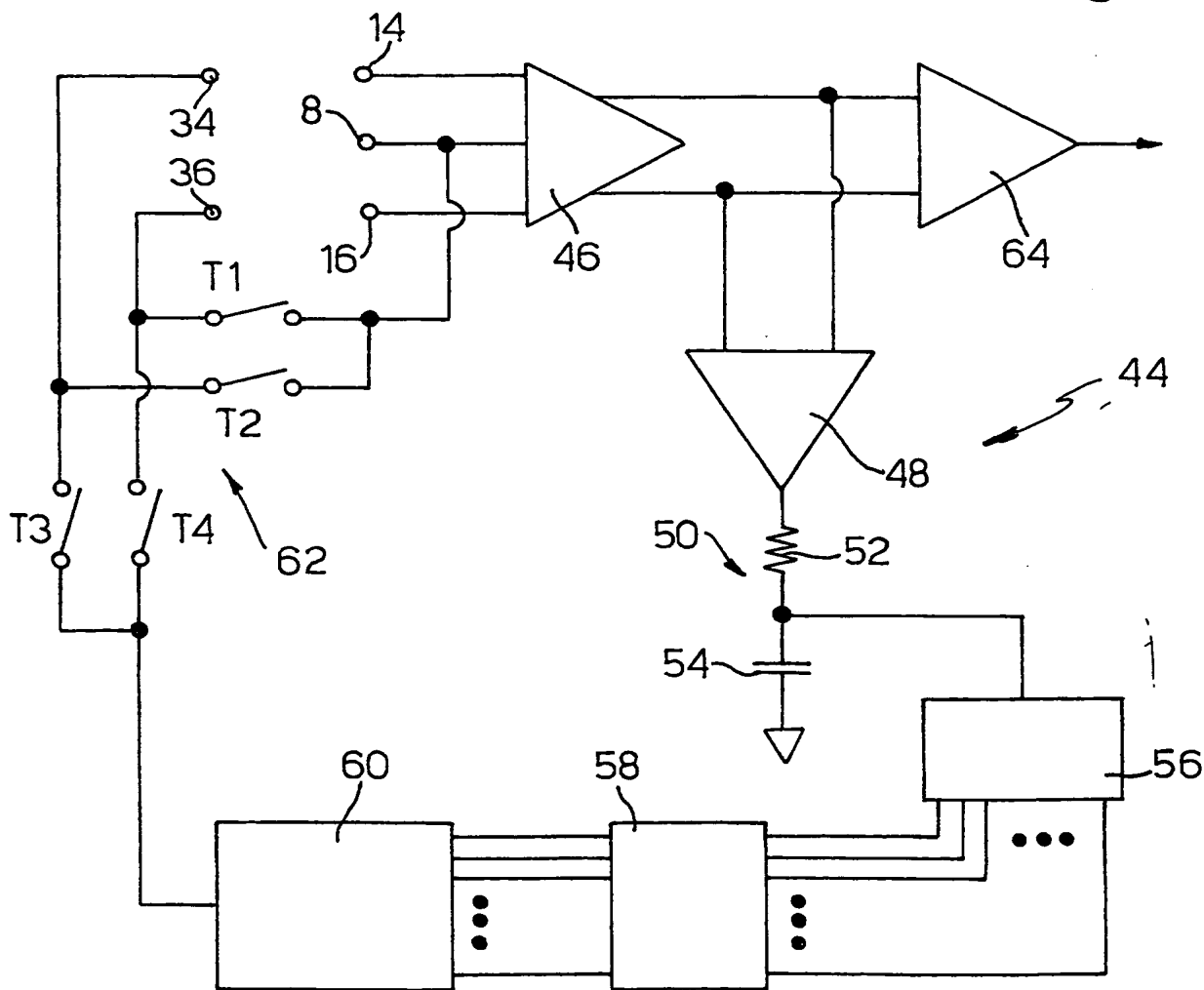


Fig. 4